

## POSSIBILIDADES DE COGERAÇÃO NA INDÚSTRIA MADEIREIRA NO ESTADO DO AMAZONAS

***Rubem Cesar Rodrigues Souza***<sup>1</sup>

Universidade do Amazonas

***Mônica Rodrigues de Souza***

Universidade Estadual de Campinas

### **1. Introdução**

A reestruturação do setor elétrico nacional, apesar das críticas que se possa fazer, abre espaço para proposição de ações que elevam a satisfação do consumidor, muito embora não se saiba se ao final desse processo, esse objetivo será alcançado. Olhando-se o caso específico do suprimento de eletricidade nos sistemas isolados da região Amazônica, verifica-se que a pequena dimensão dos mercados, a dispersão destes em área de baixa densidade populacional e a pequena representatividade econômica no contexto nacional, fizeram com que historicamente, o planejamento do suprimento de eletricidade fosse desenvolvido de maneira incipiente e quase sempre esquecendo as potencialidades e necessidades locais. Como fruto desse tratamento, os sistemas isolados da região Norte, a menos das capitais que possuem sistemas hidrotérmicos, são compostos por pequenas unidades a óleo Diesel, que apresentam elevados custos operacionais e baixa confiabilidade, representando uma efetiva barreira ao desenvolvimento da região, papel esse contrário ao que se deseja dos sistemas de suprimento de energia.

É oportuno portanto, que oportunidades para utilização dos recursos energéticos regionais sejam avaliadas devidamente e sua utilização priorizada através de instrumentos de regulação técnico-econômico e ambientais. Contrariando a ótica que impera nos órgãos responsáveis pelo planejamento dos sistemas elétricos isolados, que enxerga a viabilidade desses sistemas somente através de subsídios perenes para insumos não renováveis, apresenta-se neste trabalho um estudo do potencial de utilização dos resíduos do setor madeireiro para geração de eletricidade na localidade de Itacoatiara situada a 230 km da cidade de Manaus no Estado do Amazonas, e que representa o segundo maior mercado de energia elétrica do estado. Esse potencial é avaliado a luz de fatores econômicos, ambientais e de instrumentos de regulação econômica para penetração de fontes renováveis nos sistemas elétricos isolados.

### **2. Panorama do setor madeiro no Estado do Amazonas**

Atualmente a madeira ocupa o lugar que há décadas fora da borracha no que se refere a extrativismo no estado do Amazonas. No entanto, esta atividade normalmente é feita de maneira desordenada, sem o cumprimento das leis ambientais de manejo florestal, fazendo com que diversas espécies sejam ameaçadas de extinção. Na Tabela 1, apresenta-se uma relação de espécies ameaçadas de extinção.

A extração da madeira normalmente é feita por trabalhadores isolados ou em grupos, na floresta de várzea ou terra firme, que comercializam os produtos com intermédio ou diretamente com as indústrias. Em grande parte dos casos, o extrativista tem outras atividades, como plantio de pequenas roças e a pesca.

---

<sup>1</sup> Av. Gal. Rodrigo O Jordão Ramos, 3000, Campus Universitário, Faculdade de Tecnologia, CEP: 69070-000.  
E-mail: [rcesar@lexxa.com.br](mailto:rcesar@lexxa.com.br), fone-fax: 0(xx)92-644-2194.

Tabela 1. Espécie da flora ameaçadas de extinção no Amazonas.

| NOME CIENTÍFICO                         |              | NOME COMUM         |
|---|--------------|--------------------|
| <i>Aníbal roseadora, Duke</i>           | (em perigo)  | Pau-rosa           |
| <i>Bertholletia excelsa, HBX</i>        | (vulnerável) | Castanha-do-Brasil |
| <i>Bowdickia nitia Spruce, Benth</i>    | (vulnerável) | Sucupira-da-mata   |
| <i>Helosis cayennensis, Swatz</i>       | (vulnerável) | Sangue-de-dragão   |
| <i>Licania aracaensis, Prance</i>       | (Rara)       | --                 |
| <i>Ocotea cybarium, HBK</i>             | (vulnerável) | Louro – inamuhy    |
| <i>Swietenia macrophylla, King</i>      | (em perigo)  | Mogno              |
| <i>Virola surinamensis, Warb</i>        | (vulnerável) | Virola             |
| <i>Cicypellium caryophyllatum, Nees</i> | (vulnerável) | Casca preciosa     |
| <i>Pithecellobium recemosum, Ducke</i>  | (vulnerável) | Angelim-rajado     |

Fonte: SEBRAE/AM [3].

## 2.1 Principais Problemas do Setor Madeireiro

Apesar do setor possuir uma forte presença no Estado, os dados a respeito do mesmo são na maioria escassos, levando a vários debates sobre a utilização de recursos florestais e problemas pertinentes ao setor madeireiro, sem propostas consistentes para elucidação dos mesmos.

O Plano Nacional de Conservação e Desenvolvimento Florestal, em versão preliminar, elenca alguns problemas graves enfrentados pelo setor madeireiro na atualidade. São eles:

- **Mão-de-obra:** a formação ocorre dentro da própria indústria, existindo a perpetuação de vícios e erros. Há necessidade não só na Amazônia, mas no País em geral, de centros de preparação de mão-de-obra para a indústria florestal, principalmente serraria e marcenaria.
- **Dificuldade de suprimento de matéria-prima:** devido à dificuldade de aceitação de espécies menos conhecidas e à desorganização da exploração florestal.
- **Falta de integração florestal-industrial:** face a abundante oferta de matéria-prima resultante do uso alternativo do solo (atividade agropecuária).
- **Baixo aproveitamento de resíduos e subprodutos:** quando os resíduos são utilizados, destinam-se, na sua maioria, com baixos rendimentos, para a geração de energia.
- **Transferência de tecnologia:** devido a existência de baixo nível de investimento, competitividade e organização própria, a indústria não pratica inovações tecnológicas, por mais básicas que elas sejam.
- **Consumo pouco exigente:** falta de estímulo por parte do mercado pela melhoria da qualidade dos produtos que consome.
- **Normalização:** considera-se completa a inexistência de normas técnicas para o setor como um todo.

Além dos problemas elencados pelo Plano Nacional de Conservação e Desenvolvimento Florestal, verifica-se que grande parte da madeira da região é processada em outras regiões do País, notadamente no Sudeste e Sul.

Outro problema constatado na indústria madeireira é sua pequena integração para frente, o que se reflete especialmente na insipiência da indústria moveleira da região. O setor em geral é desprovido de tecnologia, decorrente do pequeno porte das unidades fabris que carecem de organização empresarial e recursos humanos com formação adequada.

Para que os móveis produzidos na região venham competir no âmbito nacional e internacional é necessário que as empresas aumentem sua escala de produção, modernizem-se industrialmente, capacitem-se tecnologicamente e criem estrutura de marketing que permitam o acesso de seus produtos nesses mercados.

A simplicidade da tecnologia empregada na produção de madeira serrada, associada a baixa exigência do mercado interno nacional, o qual é responsável pela maior parte do consumo de madeira serrada, contribuem de maneira significativa para o desperdício da madeira nesse setor.

## 2.2 Madeireiras Transnacionais na Amazônia

Esquemáticamente, pode-se considerar dois fluxos de investimento transnacional na indústria madeireira da Amazônia. O primeiro, ocorrido nos anos 70 e 80, representado principalmente por capitais de origem de países consumidores de madeiras tropicais (Alemanha, Estados Unidos, China Popular, etc.) e o segundo, ocorrido nos últimos 3 anos, já na década de 90, e ainda em curso, dominado pela presença de grupos madeireiros asiáticos, dentre os quais se destaca a Malásia, ou seja, representado, principalmente, por países produtores de madeiras tropicais.

O primeiro fluxo de investimentos transnacionais na indústria madeireira da Amazônia se concentrou nos Estados do Amazonas e do Pará, alguns deles, se beneficiando de incentivos fiscais (ver Tabela 2).

**Tabela 2. Madeireiras instaladas na Amazônia no primeiro fluxo.**

| <b>EMPRESA</b>  | <b>CAPITAL DE ORIGEM</b> |
|---|--------------------------|
| Gethal Amazônia S/A                                       | Uruguai/Panamá           |
| Carolina Indústria e Comércio de Madeiras Tropicais Ltda. | Ilhas Cayman             |
| MIL – Madeiras Itacoatiara Ltda.                          | Suíça                    |
| Robco Madeiras  | EUA                      |
| Eldorado Exportadora e Serviços Ltda                      | França                   |
| CIFEC – Madeiras Indústria e Comércio                     | China                    |
| Lawton Madeiras da Amazônia S.A                           | EUA                      |
| Eidai do Brasil Madeiras S.A                              | Japão                    |
| Amacol Amazônia Compensados e Laminados S.A               | EUA                      |
| Cáceres Florestal S.A                                     | Alemanha/Dinamarca       |
| Amazonas Timber S.A                                       | Alemanha                 |
| G.D. Amazonas Indústria Comércio de Madeiras              | Suíça                    |
| Nordisk Timber Ltda                                       | Dinamarca                |
| Bonal S.A   | Bélgica                  |
| Seringueira do Pará S.A                                   | Bélgica                  |
| Aztec Servs S/C Ltda                                      | EUA                      |
| Banakoba Ltda   | Ilhas Bahamas            |
| Madeira Astrugal Ltda                                     | Costa Rica               |
| Madeiras Gerais S.A                                       | EUA                      |
| Super fine Madeiras                                       | EUA                      |

O segundo fluxo é recente. Até agora é composto principalmente por capitais malásios e chineses, destacando-se a presença de grandes empresas madeireiras da Malásia. Este segundo fluxo de investimentos transnacionais se concentrou na compra e incorporação de empresas pré-existentes. Na Tabela 3, é possível visualizar essa situação.

**Tabela 3. Madeireiras instaladas na Amazônia no segundo fluxo.**

| EMPRESA EXISTENTE   | GRUPO ADQUIRENTE | ESTADO | CAPITAL DE ORIGEM |
|---|------------------|--------|-------------------|
| Amaplac – Indústria e Comércio S.A/WTK                        | WTK              | AM     | Malásia           |
| Carolina Indústria e Comércio de Madeiras Tropicais Ltda      | Rimbunam Hijau   | AM     | Malásia           |
| Compensa Madeiras – Compensados da Amazônia e Cia. Agro. Ind. | Tianjin          | AM     | China             |
| Maginco Compensados S.A                                       | Rimbunam Hijau   | PA     | Malásia           |
| Selvaplac Indústria Madeireira do Pará Ltda                   | Rimbunam Hijau   | PA     | Malásia           |
| Braspor Madeiras Ltda   | ----             | AM     | Portugal          |

A indústria madeireira transnacional da Amazônia, independente da nacionalidade do capital, tem as seguintes características:

- a) concentra-se na atividade industrial, principalmente de compensado;
- b) não tem fontes próprias de matéria prima; quando tem planos de manejo florestais em terras próprias, estes abastecem apenas parcialmente a sua demanda de toras; (com uma única exceção, a empresa MIL – Madeiras Itacoatiara Ltda., que trabalha exclusivamente com madeira extraída de florestas e planos de manejo próprios);
- c) sua produção se destina fundamentalmente ao mercado externo;
- d) do ponto de vista da fiscalização ambiental, infringem a legislação e são autuadas tanto quanto as empresas de capital sob controle de cidadãos brasileiros.

No universo das 3.000 empresas madeireiras registradas nos Estados do Pará e Amazonas, e aproximadamente 6.000 na Amazônia Legal, o número de 21 empresas transnacionais é pequeno, o que não significa que não tenham importância econômica.

No Estado do Amazonas, o grupo de empresas madeireiras transnacionais é relativamente pequeno, mas domina o setor industrial da produção de laminados e compensados, representando mais de 50% da capacidade instalada e 93,9% do valor exportado.

No Estado do Pará, o número de empresas madeireiras registradas é enorme (2.989), das quais cerca de 30% não ativas, mas sem cancelamento de registro, sendo pois insignificante a participação das empresas transnacionais, tanto em número como na produção.

### **3. Experiências com utilização de biomassa lenhosa para produção de eletricidade no Estado do Amazonas**

No Amazonas algumas experiências já foram realizadas fazendo-se uso de biomassa lenhosa para produção de energia, podendo ser citadas as seguinte:

- ⇒ **Programa de Pequenas Centrais Térmicas a Lenha (PCTL)** - Este programa foi um dos principais projetos da Companhia Energética do Amazonas (CEAM) para uso da lenha para produção de vapor e energia elétrica, através do qual pretendia substituir as usinas térmicas movidas a óleo Diesel. Os estudos de viabilidade para esse projeto foi realizado entre 1985 e 1987, sendo a lenha proveniente do manejo florestal da mata amazônica. O projeto no entanto, recebeu críticas bastante severas de ambientalistas, principalmente devido a rotatividade dos cortes, de 15 anos, prevista no projeto, pois esses alegavam que o tempo de regeneração natural da floresta é bastante superior ao previsto pela CEAM.

O projeto foi paralisado após a aquisição de equipamentos para implantação de uma unidade de 12 MW a ser instalada no município de Manacapuru-AM, estando até hoje abandonado e os equipamentos sendo degradados pela ação do tempo.

- ⇒ **Companhia Siderúrgica da Amazônia** - a Companhia Siderúrgica da Amazônia – SIDERAMA pretendia realizar a redução do minério de ferro com o uso do carvão vegetal, a ser produzido através de manejo florestal de 16.000 ha em área localizada próxima a Manaus, com uma previsão de consumo anual de 240.000 m<sup>3</sup>. Este projeto no entanto, está parado.
- ⇒ **Usina Termelétrica de Balbina** – durante a construção da Usina Hidrelétrica de Balbina foi instalada uma usina térmica à lenha de 6 MW, para fornecer energia para as atividades de construção da hidrelétrica. A lenha utilizada era proveniente da área a ser inundada. Vários problemas foram detectados durante a operação dessa usina, decorrentes principalmente da incrustação de sílica na caldeira. Quando a usina hidrelétrica entrou em operação a térmica a lenha foi desativada.

Vale salientar que nenhuma dessas experiências tiveram o acompanhamento adequado de modo a fornecer subsídios para um parecer conclusivo sobre a viabilidade técnica e econômica das tecnologias empregadas.

#### **4. Estudo de caso em Itacoatiara**

O estudo de potencial de cogeração utilizando resíduos do setor madeireiro em Itacoatiara, foi realizado com base no levantamento feito junto a quatro empresas que atuam nessa localidade, cujas características destas está descrito a seguir.

##### ➤ **Gethal Amazonas S/A Ind.Mad.Compensada**

A Gethal é a empresa de maior porte na região com uma produção de 3.700 m<sup>3</sup> de lâminas e compensados por mês. É a única empresa da região que possui um planta a vapor para autoprodução de energia elétrica, porém não é autosuficiente. Esta empresa recebe os resíduos de madeira de todas as outras empresas utilizando-os na planta de geração, caldeiras ou simplesmente queimando-os, conforme reportado por outras empresas que fornecem os resíduos. Dentre as empresas analisadas, foi a única que forneceu dados sobre a demanda de vapor e energia elétrica, bem como de sua planta de autoprodução. A Gethal conta com uma capacidade total de 4.000 kW, sendo um turbo gerador de 1.800 kW e dois motores alternativos: um gerador Cummins de 1.000 kW, e um gerador GM de 1.200 kW.

Esta empresa possui uma capacidade instalada de 80 ton/h de vapor, e uma demanda média de 40 ton/h. As caldeiras produzem vapor para processo saturado a 3 kgf/cm<sup>3</sup> utilizado no processo de secagem e o combustível utilizado é composto de resíduos de madeira e serragem. A vida útil residual destes equipamentos é de 10 anos.

A capacidade média da planta a vapor é de 685,47 kW, a potência média fornecida pela CEAM é de 207,84 kW e a produção média do gerador é de 14,614 kW.

##### ➤ **Carolina Indústria Madeireira Ltda**

Esta empresa é também uma indústria de lâminas e compensados e grande consumidora de energia elétrica. Possui uma potência instalada de 1.912 kVA em geradores Diesel que são colocados em operação das 18 h às 24h, a fim de atender a 50% da demanda neste período.

A Carolina possui capacidade instalada de 40 ton/h e uma demanda média de 30 ton/h de vapor a 12 kgf/cm<sup>2</sup>. As caldeiras foram adquiridas em 1982 e têm vida útil de 15 anos, o que significa dizer que estas já ultrapassaram a sua vida útil.

➤ **Braspor Madeireira Ltda**

A Braspor é uma empresa de menor porte localizada fora da área urbana que produz tacos e revestimentos em madeira. O fornecimento de energia elétrica através da CEAM não é confiável e por isso a empresa conta com motor standby, para eventuais falhas no fornecimento. Existe um sistema de aproveitamento de serragem que é canalizada em direção a caldeira para a obtenção de calor. Este calor é utilizado na forma de água quente com uma temperatura média de 62°C, utilizada no processo de secagem. Todos os resíduos de madeira decorrentes do processo são fornecidos a Gethal. A maior demanda registrada nesta empresa, segundo as contas de energia elétrica fornecidas pela empresa para o ano de 1997, foi de 1.949 kW.

➤ **Mil Madereira Itacoatiara LTDA**

Esta empresa é uma serraria localizada também fora da área urbana que não está interligada a rede, logo, atendendo a sua demanda através de 4 geradores Diesel, que somam um total de 1.938 kVA de capacidade instalada. Possui uma demanda média de vapor saturado em torno de 12,5 ton/h, a 6 kgf/cm<sup>2</sup> de pressão. Esta empresa utiliza em torno de 840 m<sup>3</sup>/ano de resíduos de madeira fornecendo em torno de 20 m<sup>3</sup>/dia de resíduos para a Gethal.

#### **4.1 Dados de Madeira**

O conteúdo energético das diferentes espécies de combustíveis de madeira varia consideravelmente dependendo da composição química, densidade e umidade e de outros fatores. O poder calorífico da madeira varia de 9,9 MJ/kg para madeira verde de composição elementar até 19,8 MJ/kg para madeira seca de alta densidade, segundo Prasad [2]. O poder calorífico da biomassa decresce quase em proporção direta com um aumento no seu conteúdo de umidade. Logo, se uma unidade de combustível tem um conteúdo de umidade de 50% em base úmida, o poder calorífico é praticamente 50% menor que o poder calorífico da madeira seca. O poder calorífico dos resíduos foi considerado igual a 14 MJ/ kg, um valor um pouco abaixo da média no intervalo considerado. A densidade foi considerada igual a 0,45 ton/m<sup>3</sup>, segundo Eletrobras [1]. Com uma umidade média de 35% utilizada no estudo da ELETROSUL para o projeto semelhante de uma UTE em Campo Grande a cavacos de lenha, segundo Walter et alli. [5], foram realizados estudo de eficiência da planta.

#### **4.2 O Sistema de Cogeração**

Para o caso de Itacoatiara a melhor opção foi a autoprodução através de cogeração com venda de excedentes para concessionária ou para uma outra empresa interligada.

O sistema de cogeração é concebido, dimensionado e deve ser operado a luz dos seguintes critérios:

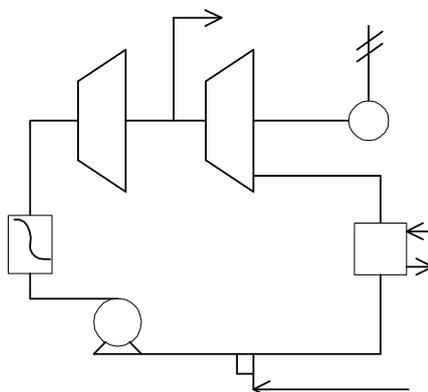
- Custo de escala;
- Quantidade de resíduos disponíveis;
- Demanda de vapor e de energia elétrica do autoprodutor;

- Experiência em autoprodução.

Com base nestes critérios e dispondo-se de uma quantidade média anual de resíduos de madeira igual a 120.000 m<sup>3</sup> (quantidade utilizada), considerou-se a opção da Gethal continuar com o gerenciamento dos resíduos e autoprodução, no papel de autoprodutor que atualmente exerce. Porém, a Gethal está aquém do potencial e com uma curva de geração irregular. Os resíduos são, basicamente, derivados de três fontes distintas: toras refugadas pelo processo industrial (tortuosas, duras, com perfurações de insetos, ocas, manchadas, etc.); toras usadas nas jangadas que não são reaproveitadas; e aparas resultantes do processo de laminação e provenientes de todas as fábricas de laminados e compensados além das serrarias. Estes resíduos são utilizados pelas duas grandes empresas analisadas (Carolina Ind. e Com. de Madeiras Tropicais e a Gethal Amazonas S. A). O resíduo é queimado em caldeiras e o vapor canalizado para a secagem das lâminas de madeira. A Gethal possui uma demanda média de vapor saturado a 3 kgf/cm<sup>2</sup> igual a 40 ton/h e a Carolina possui uma demanda de vapor saturado a 8 kgf/cm<sup>2</sup> de 30 ton/h. A Gethal também dispõe de equipamentos para geração de energia elétrica a partir dos resíduos madeireiros e, segundo dados fornecidos pela própria empresa, a maior parte da energia utilizada provém da autoprodução a partir de resíduos. Este estudo sugere a opção da cogeração em operação constante. Isto representaria um melhor aproveitamento dos resíduos através da cogeração de energia capaz de produzir de forma seqüencial 2.660 kW e 10 ton/h de vapor saturado. É proposto funcionamento na base. Pode-se considerar a planta sendo operada pela Gethal que recebe resíduos de outras madeiras. Esta empresa pode se tornar auto-suficiente, e ainda disponibilizar excedentes em capacidade e energia a rede neste período.

#### 4.2.1 Configuração da planta

A configuração da planta é apresentada na Figura 1. A planta foi proposta a partir de dados de eficiência fornecidos por Prasad [2] e Walter et alli [5]. Para a estimativa da eficiência da caldeira foram considerados excesso de ar de 100% e uma umidade de 35 % para a mistura heterogênea de resíduos que resulta em uma eficiência de 75%. Para a turbina uma eficiência isoentrópica de 70% no primeiro estágio, e de 65% no segundo estágio. Uma extração de 10 ton/h de vapor a 3 bar. Eficiências mecânicas de 98% e elétrica de 99% forma consideradas, além de uma perda de carga na caldeira de 20 kPa de pressão de condensação. Obteve-se 2.660 kW de energia e 2.635 kW de calor útil na forma de vapor saturado, resultando numa eficiência em torno de 22% de aproveitamento do resíduo de madeira para a planta.



**Figura 1.** Desenho esquemático da configuração

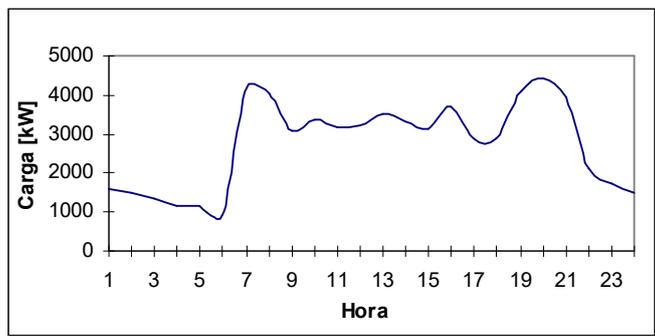
#### 4.2.2 Perda de eficiência na caldeira para evaporação da umidade

Se o combustível não está completamente seco, parte da energia é utilizada na evaporação da água. A quantidade de energia necessária depende do conteúdo de umidade, da quantidade de combustível e ar, e da temperatura do produto de combustão. Para evaporar 1kg de água completamente de 0°C a 100°C, é requerida uma energia igual ao calor sensível da água a 100°C mais o calor latente da água a 100°C. Pode-se conseguir um aumento de eficiência na caldeira com este procedimento, porém deve-se estudar a viabilidade econômica do tratamento e ainda de cuidados com armazenamento que podem evitar o conteúdo de umidade. Uma alternativa interessante que aumentaria bastante o poder calorífico e diminuiria a umidade para em torno de 15% seria a produção de briquete. Com este conteúdo de umidade poderia ser obtida uma eficiência na caldeira próxima a 80 %.

#### 4.2.3 A Operação da Planta

A planta opera na base com carga constante da planta durante 24h por dia. Tem capacidade de 2.660 kW e gera 10 ton/h de vapor com fator de capacidade de 70%. Deveria ser definida a demanda suplementar de reserva com a concessionária em caso de paradas da planta, ainda que a Gethal conte com 2.200 kW de capacidade com motores a Diesel. Uma planta deste porte tornaria a Gethal AM S/A ou a Carolina Ind. Mad LTDA, empresa autosuficiente, com possibilidade de venda de excedente em energia e potência para a concessionária ou para outro consumidor.

Na figura 2, verifica-se a curva de carga do setor industrial de Itacoatiara, cuja ponta coincide com a ponta do sistema CEAM em Itacoatiara. Deve-se observar que a operação da planta implicaria em redução significativa do fornecimento para o setor industrial, que poderia se tornar autosuficiente no período das 22:00 h às 06:00 h. Sendo assim, uma redução da demanda neste horário crítico poderia acabar com o problema de baixa confiabilidade da rede no período, reduzindo os custos para a concessionária e empresas, a partir de um combustível renovável de custo zero e com baixa emissão líquida de CO<sub>2</sub> para o ciclo. O estudo de potencial foi efetuado a partir da quantidade anual de resíduos descontado o aproveitamento de resíduos para vapor de processo. Uma planta de cogeração como esta, também atenderia 25% da demanda média de vapor da Gethal. Uma das grandes empresas deveria ficar responsável pelo aproveitamento dos resíduos através da cogeração com uma planta como a proposta neste estudo. A Gethal poderá contar com a sua experiência incrementando a sua capacidade em 860 kW ou a Carolina, que possui cadeiras já com a vida útil ultrapassada, poderia implantar uma planta de cogeração também de mesmo porte para atendimento das demandas de vapor e eletricidade. A Braspor teria a opção de compra de parte dos excedentes com uma possível redução no custo de energia. Uma alternativa que se pretende analisar na continuidade deste estudo é a gaseificação de madeira para aproveitamento em motor de combustão interna, uma alternativa que poderia ser interessante para a Mil Madereira que não é atendida pela CEAM e para Braspor, uma empresa atendida pela CEAM de menor porte e também com uma despesa significativa em eletricidade. Contudo, os resíduos de madeira proveniente destas empresas já estão incluídos nesta proposta, pois a quantidade total é fornecida a Gethal.



Fonte: Souza et. Alli [4].

Figura 2- Curva de carga típica do setor industrial do município de Itacoatiara

A figura 3 apresenta o aproveitamento de resíduos para geração de eletricidade na Gethal, que possui uma planta a vapor com capacidade de 1800 kW. Com a operação desta planta a Gethal atinge apenas 78% da energia média que poderia ser produzida mensalmente com a capacidade da planta de Cogeração, como pode ser visto na figura 4. Observa-se ainda na figura 4, que a energia média mensal da planta de cogeração atenderia toda a demanda de energia elétrica da Gethal com excedentes. A planta atual opera de maneira irregular e acusa paradas constantes para manutenção, além de trabalhar abaixo de sua capacidade na maior parte do tempo, o que constitui uma subutilização dos resíduos. Para todos as hipóteses assumidas para cálculo de eficiência, a planta vai operar com um consumo específico de 2,4 kg para gerar 1 kWh de energia elétrica e 10 ton de vapor. Isto corresponde a uma eficiência de cogeração de 22% ou de 14% para a planta operar sem extração.

**Potencial, produção e demanda para a Gethal**

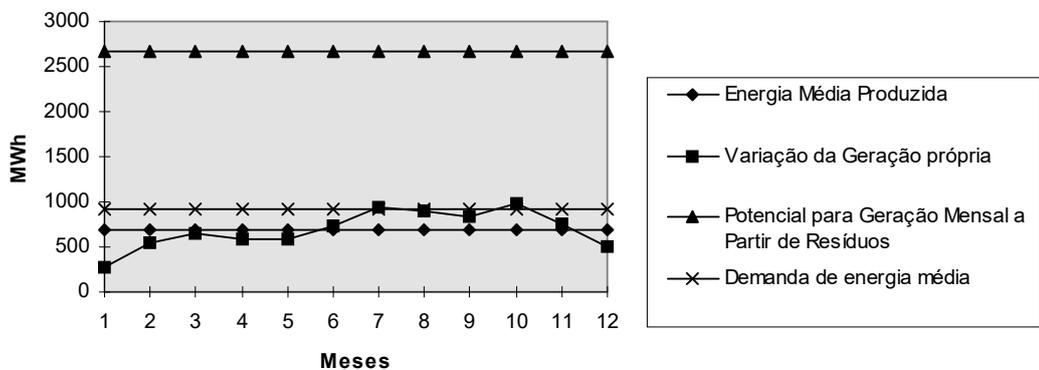


Figura 3- Comparação entre o potencial proposto e a geração própria da Gethal.

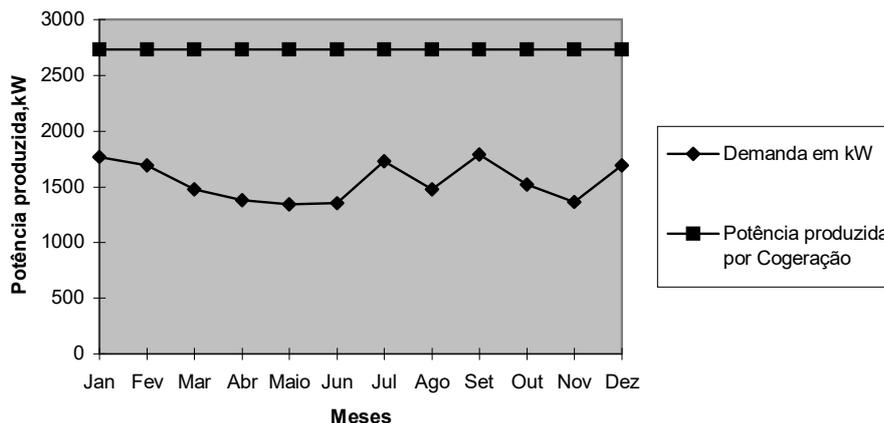


Figura 4- Potência produzida por Cogeração e demanda.

### 4.3 O aproveitamento de lenha

A estimativa de quantidade de resíduos de 120.000 m<sup>3</sup> anuais resulta em uma média diária de 328,76 m<sup>3</sup>. No gráfico da figura 5 é apresentado o aproveitamento mensal de resíduos de madeira em 1997. Considerando-se que a Carolina LTDA utiliza resíduos apenas para geração de vapor, a utilização estaria bem baixo da média de utilização da Gethal. Estes valores constituem mais um indicativo da utilização ineficiente de resíduos no município.

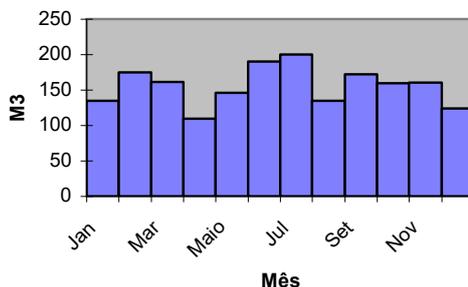


Figura 5 - O aproveitamento de resíduos de madeira pela Gethal S/A

### 4.4 Análise de Viabilidade Econômica

A análise de viabilidade econômica foi realizado para duas situações distintas. A primeira seria o aproveitamento do potencial através de uma única planta, de 2.260 kW, desconsiderando-se assim, a já existente na Gethal. A segunda seria a instalação de uma planta de 860 kW, para incremento da capacidade instalada na Gethal de 1.800 kW, admitindo-se ainda a hipótese da planta da Gethal, que hoje opera com um fator de capacidade de 37 % passe a operar com 70%. Como indicadores econômicos optou-se pela Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL), calculou-se também o custo do kWh produzido.

Na Tabela 4, apresenta-se os valores assumidos para a realização da análise de viabilidade econômica.

**Tabela 4. Valores assumidos para a avaliação econômica**

|                                     |       |
|-------------------------------------|-------|
| Vida útil (anos)                    | 20    |
| Taxa de interesse anual (%)         | 12    |
| Fator de Capacidade                 | 0,7   |
| Tarifa de consumo da CEAM (R\$/kWh) | 0,104 |
| Tarifa de Demanda da CEAM (R\$/kW)  | 7,19  |
| Custo de O&M (R\$/MWh)              | 4,94  |
| Consumo interno da planta           | 9 %   |

Os resultados da análise demonstram que o custo do kWh produzido está bem abaixo do valor do kWh na tarifa de consumo da CEAM. O incremento da geração é possível pela quantidade de resíduos disponíveis, porém só seria viável com a venda de excedentes como pode ser observado na tabela 5.

**Tabela 5. Indicadores econômicos para implantação do sistema de cogeração.**

| Capacidade da nova planta      | Custo de geração na planta nova (R\$/MWh) | TIR | VPL (US\$) |
|--------------------------------|---|-----|------------|
| <b>2.260 kW</b>                | <b>54,6</b>                               |     |            |
| • Sem comercializar excedentes |   | 5%  | -1.921.518 |
| • Excedentes a R\$ 54,6/MWh    |   | 19% | 4.049.417  |
| • Excedentes a R\$ 78/MWh      |   | 24% | 5.045.526  |
| <b>860 kW</b>                  | <b>82</b>                                 |     |            |
| • Sem comercializar excedentes |   | 11% | -183.105   |
| • Excedentes a R\$ 82/MWh      |   | 15% | 545.946,7  |
| • Excedentes a R\$ 91/MWh      |   | 16% | 626.952,3  |

Atualmente a CEAM compra energia de um produtor independente em Itacoatiara, a empresa Hermasa S.A., que administra o terminal graneleiro. Essa energia em 1998 foi vendida a CEAM por R\$ 55,65/MWh. Deve-se salientar no entanto, que a empresa recebe da CEAM totalmente sem ônus o combustível para geração, usufruindo portanto, dos subsídios existentes para os sistemas isolados. Considerando-se que esses subsídios chegam a representar em torno de 80% dos custos operacionais, o custo da energia fornecida para a CEAM pela Hermasa é de aproximadamente R\$ 100,17 /MWh, superior portanto, a energia que poderia ser fornecida pelo sistema de cogeração analisado neste trabalho, com vantagens ambientais e sem a necessidade de fazer uso de subsídios.

Vale salientar também que a quantidade de resíduos disponíveis em Itacoatiara ultrapasse a quantidade considerada nesse estudo, pois foi reportado que a queima ao ar livre do excesso de resíduos é praticada.

## 5. Considerações Finais

A região Amazônica a exemplo do estudo apresentado, possui inúmeras oportunidades para diversificação do parque gerador, opções estas que não dependem de subsídios perenes para energéticos não renováveis, que precisam ser identificadas e disponibilizadas para o investimento privado. Obviamente que haverá casos em que não haverá atratividade econômica, porém esses casos devem ser objeto de uma política social de atendimento.

O fim do subsídio para o combustível não renovável utilizado nos sistemas isolados da região Norte, marcado para o ano 2013, torna urgente a diversificação do parque gerador.

Outra questão importante é o fato desses sistemas encontrarem-se na região Amazônica, o que os tornam excelentes candidatas a utilização dos recursos que podem advir de uma política internacional para controle de emissões; pois a idéia do controle, com a proposta de taxas sobre as emissões, tem sido colocada como imperativa nas conferências internacionais recentes, muito embora regras claras precisem ainda ser definidas.

#### **Referências Bibliográficas**

- [1] Eletrobras, 1994, **Plano Nacional de Energia Elétrica 1993-2015, Projeto 4**, Biomassa Florestal.
- [2] Prasad, S.B, **Biomass-Fired Steam Power Cogeneration System, A theoretical study**, Energy Conversion, 1995.
- [3] SEBRAE-AM, “**Diagnóstico do Setor Madeireiro do Estado do Amazonas**”, 1995.
- [4] Souza, R.C.R., “**Planejamento do Suprimento de Energia Elétrica dos Sistemas Descentralizados na Amazônia Incorporando Incertezas**”, Série Sistemas Energéticos, vol. I, Universidade do Amazonas, 1996.
- [5] Walter, A.C.S. e Nogueira, L.A.H, 1997, **Produção de eletricidade a partir de biomassa**, em Lora E.S e Cortez L.A.B, Tecnologias de Conversão Energética da Biomassa, Série Sistemas Energéticos, vol. II, Universidade do Amazonas, 1997.